

## 平成29年度磁性材料研究会

主催：中性子産業利用推進協議会  
茨城県中性子利用促進研究会  
(一財)総合科学研究機構中性子科学センター  
共催：J-PARC MLF 利用者懇談会(磁性・強相関分科会)  
日時：平成29年10月12日(木)10:00-17:15  
開催場所：エッサム神田ホール301会議室  
〒101-0045 東京都千代田区神田鍛冶町 3-2-2  
TEL: 03-3254-8787  
<http://www.essam.co.jp/hall/>

参加費：無料

ただし、資料代として5,000円いただきます。なお、中性子産業利用推進協議会の会員企業の皆さまと大学、研究機関の方は無料です。それ以外の方は事務局までご相談ください。資料代は当日徴収させていただきます。

テーマ：スピントロニクスによるデバイス開発の最前線

趣旨：

コンピュータシステムは、マイクロプロセッサやワーキングメモリ、ストレージデバイスなどで構成されています。コンピュータは大型化や高性能化が進むとともに、電力消費が増大しています。消費電力を抑えるとともに、高性能化を進めるための基本技術はスピントロニクス技術です。本研究会では、新世代ユニバーサルメモリーとして注目を集めている高速、大容量かつ耐環境性に優れた不揮発性スピントロニクス・メモリ素子の材料・素子技術の現状を紹介するとともに、将来のコンピュータシステムへの展開などについて議論します。

### プログラム

10:00-10:05 開会挨拶 研究会主査 北澤英明 (NIMS)

#### <施設の概況>

10:05-10:25 J-PARC MLF における産業利用の現状

峯村哲朗 (茨城県)

J-PARC MLF では供用開始後8年を経て産業界からの採択課題件数の比率が依然として約30%を維持している。MLF における全体の課題採択状況に加えて、産業利用の採択状況の概要と、産業利用による主要な成果などを紹介する。

#### <チュートリアル>

10:25-11:15 スピントロニクス素子研究:材料からデバイスへ

大野英男 (東北大学)

III-V族希薄磁性半導体の合成とそこにおける強磁性の電界制御の実証から、集積回路応用のための高性能スピントロニクス素子の開発、そして、集積回路実証に至るまでの研究について概観し、これからのデバイス研究について考えたい。

## 11:15-11:55 偏極中性子反射率法による磁性多層膜の磁気構造解析

武田全康 (JAEA)

一般に固体、液体、気体に限らず、異なる物質が接する界面は様々な機能発現の場であり、その機能と界面構造が密接に結びついている。スピントロニクスに関係する巨大磁気抵抗効果や交換磁気異方性も数 nm から数 10nm の厚さの強磁性薄膜と非磁性薄膜、あるいは、反強磁性薄膜との間の接合界面で起こる現象である。中性子をプローブとする反射率法は、磁気構造も含むこれらの磁性多層膜の厚さ方向の構造変化を非破壊的に知ることのできる優れた実験手法であり、中性子反射率法による数多くの磁性多層膜の研究が行われてきた。本講演、偏極中性子反射率法の原理を説明するとともに、典型的な実験例をいくつか示した後、国内で利用することが可能な中性子反射率計について紹介する。

## 11:55-12:50 昼 食

## 12:50-13:30 放射光を活用したスピントロニクス磁性材料解析の新展開

水口将輝 (東北大学)

スピントロニクスデバイスの開発分野では、高機能・多機能な物性の発現を目指した最先端の研究が進んでいる。近年では、特に、ナノメートルスケール領域における結晶構造解析や局所磁化の測定、その実空間イメージング、あるいは、高速スピンドYNAMICSを明らかにすることなどが、重要な研究対象となってきている。このような課題を解決するためには、高強度かつナノ領域の測定が可能である放射光源を用いた実験が必須であり、その需要は確実に高まっている。そこで、本講演では、放射光を活用して解析を進めた新規磁気異方性材料の創製と特性評価を中心に概説し、新しい解析手法などについても紹介する。

## <デバイス開発>

## 13:30-14:00 スピントロニクス材料としてのスピネルフェライト

柳原英人, 喜多英治(筑波大学)

## 14:00-14:30 スピントランジスタの原理動作実証に向けた材料開拓と新規物性探索

大矢忍, 宗田伊理也, 金木俊樹, 寺田博, 田中雅明 (東京大学)

本講演では、まず、高品質な強磁性体/半導体界面を実現可能な強磁性半導体  $\text{GaMnAs}$  を用いた縦型スピントランジスタについて紹介する。このデバイスでは大きな磁気抵抗比が得られ、最近、電流変調比も向上してきている。また、ゲート印加により得られた特異な磁気異方性の変調現象も紹介する。次に、 $\text{GaMnAs}$  量子井戸ヘテロ構造で観測された新規物理現象を紹介する。強磁性転移により価電子帯の正孔のコヒーレンス長が大幅に上昇して量子サイズ効果が強くなることや、状態密度の磁化方位依存性(フェルミレベルでは磁気異方性に対応)が量子準位で変化することが明らかになった。これらの現象は量子効果を用いたスピントロニクスにおいて非常に有望である。

## 14:30-15:00 強磁性トンネル接合用新材料開発と物性・機能評価

三谷誠司 (NIMS)

強磁性トンネル接合は、不揮発磁気メモリを始めとする各種の磁気・スピントロニクスデバイスの中主要素子構造である。強磁性電極層界面に生じる垂直磁気異方性も重要な研究テーマであり、それを利用した電圧制御型のデバイス開発も進められている。本講演では、これらの話題に関する NIMS での最新成果として、スピネル酸化物系新規バリア材料や  $\text{Fe/MgO}$  系界面垂直磁気異方性について、応用との関連を踏まえて概説する。また、中性子等を用いた磁性薄膜材料の基礎物性評価の重要性と期待についても議論する。

15:00-15:10 休 憩

15:10-15:40 大容量・高速不揮発メモリ Voltage Control Spintronics Memory (VoCSM)

下村尚治 (東芝)

東芝は、電圧効果(Voltage Control Magnetic Anisotropy:VCMA)とスピンホール効果を組み合わせた Voltage Control Spintronics Memory (VoCSM)を提案した。VoCSMは下地電極上に複数のMTJを配置し、VCMAにより閾値電流を下げ、高効率で、選択素子のみをスピンホール効果で磁化反転をさせる。この技術は、従来のMRAMの課題を解決し、大容量・高速の不揮発メモリを大きく発展させる可能性を持つ。東芝では、VoCSMのTEGを試作し、動作確認実証に成功した。さらに、5nsの短パルスで書き込みエラー率(WER)を評価し、 $WER < 1e^{-6}$ を確認した。本研究は、革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)から委託されたものである。

15:40-16:10 3次元磁気記録における再生方法：

スピントルク発振素子を用いた層選択共鳴読み出し

金尾太郎, 首藤浩文, 水島公一, 佐藤利江 (東芝)

複数の記録層をもつ3次元磁気記録における再生方法として、スピントルク発振素子(STO)と記録層の共鳴を利用した共鳴読み出しが提案されている。この方法では、記録層の共鳴周波数にSTOの発振周波数を合わせることで層を選択するため、各記録層に選択的にアクセスできる。我々はこれまでに共鳴読み出しが可能であることを実験とマイクロマシミュレーションにより示してきた。本講演では、提案してきた磁気ヘッド形状に適合する磁化構成をもった共鳴読み出し用のSTOを紹介し、2層の選択的共鳴読み出しのシミュレーション結果を報告する。なお、本研究はJST(S-イノベ)の支援によって行われたものである。

16:10-16:40 磁気抵抗メモリ用高磁気異方性材料と磁化ダイナミクス評価技術

水上成美 (東北大学)

磁気抵抗メモリは、ナノスケールの磁気トンネル接合からなり、トンネル接合を構成する記憶層磁性体に情報が記憶される。記憶層には垂直磁気異方性材料が用いられ、磁化方向の電気的スイッチングで情報を書き換える。そのスイッチング速度や消費電力は磁性体のダイナミックな特性によって決まるため、その評価が材料の開発に不可欠である。本講演では、我々のグループでこれまで行ってきたマンガン系材料を始めとする高磁気異方性材料における磁化ダイナミクスの研究、ならびに、パルス光を用いた評価技術開発の現状、そして将来展望について述べる。

16:40-17:10 偏極中性子反射率と深さ分解X線磁気円二色性を用いた界面における  
ねじれ磁気構造の解明

雨宮健太 (KEK)

強磁性/反強磁性界面においては、様々な興味深い現象が知られているが、本研究では特に磁気異方性に着目し、強磁性Ni/Cu(001)薄膜と反強磁性FeMn薄膜が接した時に、原子層レベルの界面においてスピンの向きがどのように変化しているかを観察した。表面付近の磁気状態の深さ依存性を直観的に観察できる軟X線深さ分解X線磁気円二色性と、埋もれた界面付近の磁気状態を外場に影響されずに深さ分解して観察できる偏極中性子反射率を組み合わせることによって、Niのスピンの内部からFeMnとの界面に向けてねじれた構造になっていることを示唆する結果を得た。

17:10-17:15 閉会挨拶&お知らせ 林 眞琴 (CROSS)

交流会 : 17:30~19:30

神田駅近くの「ワインホール 130」で交流会を開催します。参加費は中性子産業利用推進協議会の補助があり 2,000 円です。講演者と参加者のざっくばらんな意見の交換の場になりますので、是非ご参加ください。参加費は当日いただきます。なお、当日キャンセルされた場合には参加費をいただきます。

<参加申込み>

参加を希望される方は下記までお申込みください。

中性子産業利用推進協議会 事務局 大内 薫

E-mail: [info@j-neutron.com](mailto:info@j-neutron.com)

(1)名前, (2)所属, (3)連絡先(電話番号, E-mail address),

(4)交流会への参加の有無(領収書を発行します)

をご記入の上、メールにてお申込みください。

<問合せ先>

林眞琴

総合科学研究機構中性子科学センター

茨城県東海村白方 162-1

いばらき量子ビーム研究センター D409

TEL: 029-219-5310 Ext:3211

E-mail: [m\\_hayashi@cross.or.jp](mailto:m_hayashi@cross.or.jp)

### <会場へのアクセス>

<貸し会議室>エッサム神田ホール  
東京都千代田区神田鍛冶町 3-2-2  
JR 神田駅北口徒歩 1分  
東京メトロ銀座線神田駅 3 出口前  
<http://www.essam.co.jp/hall/access/>



### <交流会のご案内>

会費：2,000 円  
時間：17:20-19:20  
会場：ワインホール 130  
(右の案内図をご参照ください)  
<http://tabelog.com/tokyo/A1310/A131002/13144314/>  
東京都千代田区内神田 3-18-8 ナルミビル 4F  
TEL: 03-5295-2525

